

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОКСИДА АЛЮМИНИЯ
С ДОБАВКАМИ ДИБОРИДА И ОКСИДА ЦИРКОНИЯ

А.А. Грикова

Научный руководитель: к. т. н. М.В. Григорьев
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: qwwwap@mail.ru

Керамические композиты $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ известны давно [1], и широко используются в различных отраслях промышленности. Однако, композиты $\text{ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ уже не удовлетворяют современным требованиям машиностроения. Существует ряд работ, показывающих улучшение свойств керамических композитов на основе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2$ за счет добавления в них более тугоплавких и высокомодульных соединений типа WC, TiC, TiB_2 , ZrB_2 , ZrO_2 , и SiC волокон [2,3]. Наибольший интерес вызывает ZrB_2 , который является членом семейства материалов, известных как ультра-высокотемпературная керамика. В дополнение к своей высокой температуре плавления около 3000 градусов, ZrB_2 имеет уникальное сочетание высокой твердости, химической стабильности, высокой электропроводности и теплопроводности, а также устойчив к эрозии/коррозии. На сегодняшний день в мире существуют единичные работы по созданию керамических композитов на основе $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-ZrB}_2$, и они свидетельствуют о больших перспективах для данной системы. Так в работе [4] показано, что такого рода композиты можно получить методом горячего прессования, из субмикронных порошков, максимальные механические свойства достигаются при соотношении компонентов $80\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}20(92\text{ZrB}_2\text{-}8\text{ZrO}_2)$, твердость и трещиностойкость составили 23 ГПа и $6,5 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ соответственно, при этом в композитах присутствует пористость порядка 5–7%, что не позволяет получать материалы с максимальной вязкостью разрушения. В связи с этим, интерес представляют результаты, позволяющие создать трехкомпонентный композит $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-ZrB}_2$ и выявить физические механизмы, обеспечивающих повышение прочности и трещиностойкости керамических материалов.

Цель исследования – получить трехкомпонентный композит на основе оксида алюминия и добавок в него диоксида циркония и диборида циркония, и исследовать его структуру и физико-механические свойства.

В работе использованы nano порошки оксида алюминия со средним размером частиц 4,7 мкм, гранулированный нанопорошок диоксида циркония с размером гранул 50 мкм, и размером частиц 30 нм, и порошок диборида циркония со средним размером частиц 2,5 мкм.

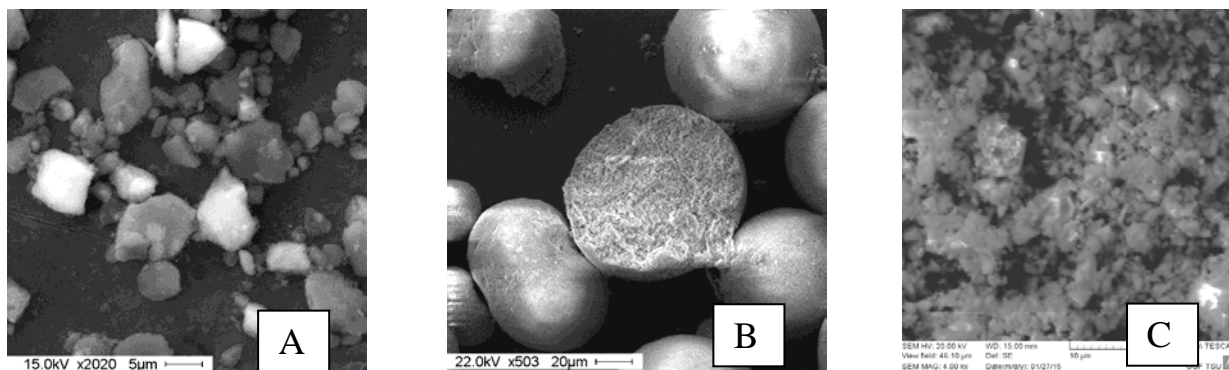


Рис. 1. Растровые снимки исходных порошков Al_2O_3 (A), ZrO_2 (B), ZrB_2 (C)

Получение однородной порошковой композиции достигалось следующим образом: создавали водные суспензии отдельных компонентов, смешивали их друг с другом с помощью магнитной мешалки, с последующей обработкой суспензии ультразвуком. Осаждение полученной композиции производили путем флоккуляции частиц из раствора за счет повышения уровня pH, с последующей вакуумной сушкой. В результате были получены композиционные смеси оксида алюминия с добавлением диборида циркония до 30%, а так же трех компонентные смеси, в которые добавили 10% диоксида циркония.

Керамические композиты были получены методом горячего прессования в среде аргона. Прессование проходило при температурах спекания 1400, 1500, 1600 °С, давление прессования 50 МПа. Скорость нагрева варьировалась от 300 до 150 °/с, время выдержки изменялось от 5 до 20 минут.

В результате проделанной работы были получены композиты с пористостью от 9 до 15%.

Рентгеноструктурный анализ показал наличие фаз корунда, моноклинного диоксида циркония и гексагонального диборида циркония, а так же, из полученных дифрактограмм всех составов видно присутствие еще одной фазы установить фазовый состав которой пока не удалось, по видимому между диборидом циркония и оксидом алюминия происходит химическое взаимодействие с образованием сложных оксидоборидов. Это под-

тверждает растровая электронная микроскопия (рис. 2). Видно, что на шлифованной поверхности композита $70\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}30\text{ZrB}_2$ присутствуют две явные фазы это основные компоненты, а так же есть некие переходные области темно серого цвета, свидетельствующие о взаимодействии исходных компонентов.

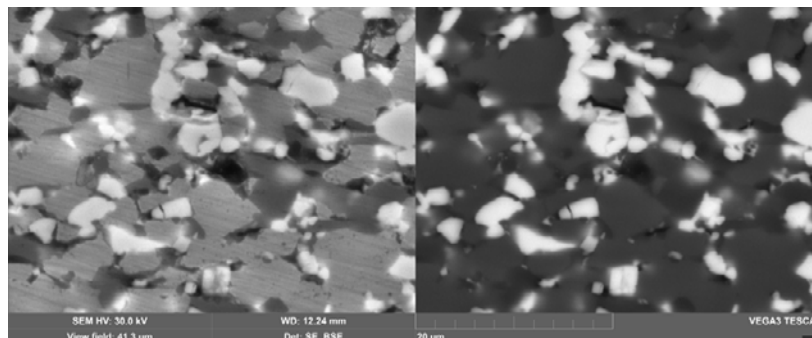


Рис. 2. Растровое изображение шлифованной поверхности композита $70\text{Al}_2\text{O}_3\text{-}30\text{ZrB}_2$ полученное в двух режимах съемки в первичных (слева) и вторичных (справа) электронах

Исходя из полученных данных, можно сделать заключение о том, что при получении композиционных материалов $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-ZrB}_2$ необходимо большее внимание уделить рабочей атмосфере и способам ограничения активного взаимодействия диборида циркония с кислородом находящемся в оксиде алюминия, одним из способов может быть добавление карбида кремния который используется для придания устойчивости к окислению кислородом так как SiC образует защитный слой на поверхности материала [5].

Список литературы

1. Sato T., Shiratori A., Shimada M. Sintering and fracture behavior of composites based on alumina–zirconia(yttria)–nonoxides // J. de Physique. – 1986. – Vol. 47. – P. 733–737.
2. Chakravarty D., Sundararajan G. Microstructure, mechanical properties and machining performance of spark plasma sintered $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-ZrO}_2\text{-TiCN}$ nanocomposites // Journal of the European Ceramic Society. – 2013. – Vol. 33. – P. 2597–2607.
3. Dong Q., Tang Q., Li W. $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC-ZrO}_2$ nanocomposite fabricated by combustion synthesis followed by hot pressing // Mater Sci Eng. – 2008;A475:68–75.
4. B. Li, J. Deng, Y. Li. Oxidation behavior and mechanical properties degradation of hot-pressed $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{ZrB}_2/\text{ZrO}_2$ ceramic composites // Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials. – 2009. – Vol. 27. – P. 747–753.
5. Fahrenholtz W.G. Thermodynamic analysis of $\text{ZrB}_2\text{-SiC}$ oxidation: formation of a SiC-depleted region // J. Am. Ceram. Soc. – 2007. – Vol. 90[1]. – P. 143–148.